

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: ***Розробка технологічного процесу ремонту гальмівних механізмів
автомобіля Volkswagen Golf 7 шляхом оптимізації параметрів***

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МА-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Іван ГРЕДІЛЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Володимир ТЕСЛЯ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Тетяна ПИНДУС
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Автотранспорту та логістики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 21 » січня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Греділю Івану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу ремонту гальмівних механізмів автомобіля Volkswagen Golf 7 шляхом оптимізації параметрів

Керівник роботи Тесля Володимир Олегович, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 21 » січня 2026 року № 4/9-40

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Загально-технічний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ.
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Гальмівний механізм передній – 1А1

Технологічна карта – 1А1

Стенд для перевірки герметичності гальмівних механізмів – 1А1

Стенд для перевірки гальмових характеристик автомобіля – 1А1

План ділянки ПР – 1А1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>к.т.н., доцент Віктор СЕНЧИШИН</i>		

7. Дата видачі завдання 21.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Загально-технічний розділ</i>	<i>16.02.2026</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>16.03.2026</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>02.04.2026</i>	
4	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>23.04.2026</i>	
5	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>21.05.2026</i>	
6	<i>Захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>16.06.2026</i>	

Студент _____
(підпис)

Іван ГРЕДІЛЬ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Володимир ТЕСЛЯ

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Розробка технологічного процесу ремонту гальмівних механізмів автомобіля Volkswagen Golf 7 шляхом оптимізації параметрів».

Робота виконана на кафедрі автотранспорту та логістики ТНТУ ім. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи д.т.н., доцент Тесля Володимир Олегович.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 58 сторінок формату А4 та 5 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова: технологічний процес, гальмівні механізми, гальмівний супорт, відновлення деталей.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1. Аналіз існуючих типів гальмівних механізмів.....	9
1.2. Способи ремонту гальмівних механізмів.....	11
1.3. Конструктивні особливості та оцінка експлуатаційної надійності гальмівних механізмів автомобіля Volkswagen Golf VII.....	13
1.4. Методи та способи випробування гальмівних механізмів.....	18
1.5. Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра...	19
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	21
2.1. Вибір і коригування вихідних нормативів проектування.....	21
2.2. Розрахунок річної та добової виробничої програми з ТО та ПР.....	24
2.3. Розрахунок обсягів робіт з ТО і ПР рухомого складу.....	26
2.4. Визначення чисельності працюючих зони ПР.....	28
2.5. Розрахунок кількості робочих постів, задіяних в технічному процесі.....	29
2.6. Впровадження технологічного процесу ремонту гальмівних механізмів..	30
2.7. Вибір обладнання.....	35
2.8. Розрахунок виробничих приміщень.....	37
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1. Обґрунтування розробки та актуальність проектування стендового обладнання.....	39
3.2. Розрахунок стенда для перевірки герметичності гальмівних механізмів..	40
3.3. Розрахунок роликового стенда.....	45
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	50
4.1. Вимоги безпеки до приміщення дільниці.....	50
4.2. Техніка безпеки під час експлуатації підйомного обладнання та стендів..	52
ВИСНОВОК	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

ВСТУП

Сучасний розвиток автомобільного транспорту характеризується постійним збільшенням інтенсивності експлуатації машин, зростанням швидкостей руху та підвищенням вимог до надійності техніки. Автотранспортна галузь є ключовим елементом економіки, що забезпечує перевезення, мобільність населення та логістику. Разом із цим, стрімке насичення доріг автомобілями ставить складні завдання, пов'язані з мінімізацією аварійності та гарантуванням безпеки дорожнього руху.

Серед усіх конструктивних елементів автомобіля найважливіше місце в структурі активної безпеки посідають саме системи сповільнення та зупинки. Будь-яке відхилення параметрів цих вузлів від встановлених технічних норм безпосередньо загрожує безпеці, оскільки призводить до збільшення гальмівного шляху, втрати курсової стійкості та виникнення некерованих занесень під час екстреного гальмування. Повністю працездатний стан цих механізмів забезпечує можливість ефективно протидіяти аварійним ситуаціям на дорозі, дозволяючи зберігати контроль над траєкторією руху машини за будь-яких умов експлуатації.

Технічний стан легкових автомобілів зазначеного класу вимагає особливої уваги через складні умови їхньої роботи в міському циклі. Тут вузли піддаються постійним циклічним навантаженням, великим температурним коливанням, впливу вологи, пилу та хімічних реагентів. Характерними наслідками такої жорсткої експлуатації є прискорений знос робочих поверхонь, термічне деформування елементів, корозійне закисання рухомих з'єднань і втрата еластичності ущільнювальних компонентів. Наявність цих чинників зумовлює необхідність регулярного та якісного проведення обслуговування й ремонту.

Існуючі підходи до відновлення працездатності зазначених механізмів на багатьох автосервісних підприємствах часто мають низку недоліків, серед яких висока питома трудомісткість операцій, суб'єктивізм під час контролю

якості та недостатній рівень автоматизації діагностичних процесів. Традиційні методи не завжди здатні виявити приховані дефекти або гарантувати абсолютну герметичність вузлів після складання, що може призвести до відмов під час подальшої експлуатації автомобіля.

У зв'язку з цим виникає потреба в оптимізації існуючих технологічних процесів технічного сервісу та ремонту. Шляхом удосконалення послідовності виконання операцій, впровадження спеціалізованого діагностичного і стендового обладнання, а також чіткого обґрунтування режимів фіксації та параметрів контролю можна досягти суттєвого підвищення якості відновлення деталей, зниження витрат часу та гарантування надійності транспортного засобу. Розробка такого технологічного процесу для автомобіля Volkswagen Golf VII шляхом оптимізації параметрів є важливим та актуальним інженерним завданням.

Об'єктом дослідження є технологічний процес технічного обслуговування, ремонту та контролю працездатності виконавчих механізмів колісних транспортних засобів. Предметом дослідження виступають параметри та режими технологічних операцій розбирання, дефектування, відновлення та стендового тестування деталей автомобіля Volkswagen Golf VII.

Під час виконання роботи застосовано методи технологічного проектування підприємств автомобільного транспорту, основні положення теорії експлуатації та ремонту автомобілів, закони механіки та гідравліки, а також статистичні дані щодо надійності гальмівних систем.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні технологічного процесу відновлення деталей, що передбачає впровадження агрегатно-вузлового методу ремонту з обов'язковим поопераційним контролем зусиль затягування різьбових з'єднань та проміжним стендовим випробуванням на герметичність під високим статичним тиском.

Практичне значення отриманих рішень полягає в тому, що запропонований технологічний процес та інженерні розрахунки випробувального стенда можуть бути безпосередньо впроваджені на діючих станціях технічного обслуговування. Це дозволить підвищити точність діагностування, повністю виключити суб'єктивізм при оцінці якості ремонту, зменшити трудовитрати персоналу та підвищити загального рівня безпеки дорожнього руху. Пояснювальна записка має чітку структуру, що включає вступ, чотири взаємопов'язані розділи, загальні висновки та список використаних джерел.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз існуючих типів гальмівних механізмів.

Гальмівна система колісних транспортних засобів є базовим елементом їхньої активної безпеки. Її функціональне призначення полягає в керованому зниженні швидкості, забезпеченні повної зупинки автомобіля із заданою ефективністю, а також у надійній фіксації його положення під час стоянки. Будь-яке відхилення від технічних норм у цьому вузлі призводить до критичного збільшення гальмівного шляху та втрати курсової стійкості машини. З нормативно-правової точки зору вимоги до технічного стану гальм чітко регламентуються Правилами дорожнього руху України, національним стандартом ДСТУ 3649 [2], а на етапі проектування та сертифікації — міжнародними регламентами ЄЕК ООН № 13 та № 13-Н [3].

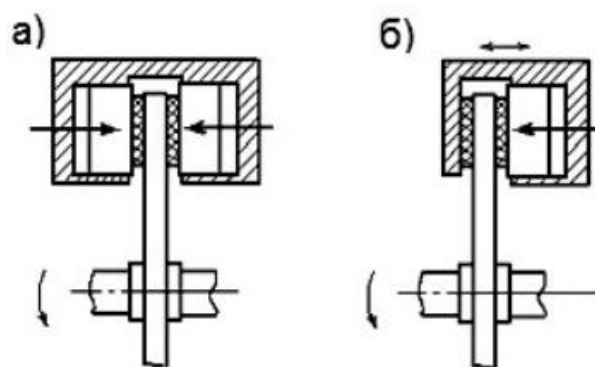
В основі фізичного аспекту гальмування лежить закон збереження енергії: кінетична енергія рухомого автомобіля трансформується в теплову завдяки роботі сил тертя, що виникають при притисканні фрикційних накладок колодок до робочих поверхонь дисків. Внаслідок цього генерується гальмівний момент, а максимальне значення поздовжньої гальмівної сили в зоні контакту протектора шини з покриттям обмежується силою їхнього зчеплення [12].

Об'єктом дослідження у роботі виступає автомобіль Volkswagen Golf 7-го покоління (Тур 5G1). Оскільки у всіх варіантах його заводської комплектації на обох осях штатно встановлюються гальмівні механізми дискового типу, подальший аналіз конструктивних та експлуатаційних параметрів проведено виключно для дискової системи.

Серед ключових переваг дискових механізмів порівняно з барабанными варто виділити високу стабільність роботи (лінійну статичну характеристику),

меншу масу, ефективне охолодження робочих поверхонь через їхню відкритість та наявність вентиляційних отворів, а також простоту обслуговування. Завдяки високому питомому тиску накладок вони менш чутливі до потрапляння води та краще адаптовані до інтеграції з сучасними автоматичними системами керування рухом [11]. До основних недоліків таких конструкцій відносять додаткове навантаження на підшипники коліс через нерівноваженість сил, ризик перегріву рідини при тривалих режимах гальмування, відносно малий амортизаційний ресурс, а також екологічний фактор у разі утворення небезпечного пилу від застарілих типів фрикційних накладок.

За конструкцією супорта дискові гальма поділяють на механізми з нерухомою та рухомою (плаваючою) скобою. У системах із плаваючою скобою застосовується лише один поршень з внутрішньої сторони: під тиском у гідроприводі він висуває внутрішню колодку, після чого весь корпус супорта зміщується по напрямних пальцях у протилежний бік, притягуючи зовнішню колодку. Головним мінусом такої схеми є подвійний хід поршня та схильність до нерівномірного зносу фрикційних накладок, що суттєво посилюється при забрудненні чи окисненні напрямних [11].



а - з нерухомою скобою; б - з плаваючою скобою;

Рисунок 1.1 – Дискові гальмівні механізми

Попри це, завдяки своїй компактності, високій надійності та меншій металоємності, механізми з плаваючою скобою обрані як базові для автомобіля Volkswagen Golf 7. Вони ефективно використовуються як у стандартних версіях моделі, так і в потужних модифікаціях (GTI та R), де підвищені теплові та динамічні навантаження компенсуються виключно збільшенням геометричних розмірів (діаметра) гальмівних дисків і поршнів у межах тієї ж конструктивної схеми [11].

1.2. Способи ремонту гальмівних механізмів

Гальмівна система належить до критично важливих вузлів автомобіля, відмова якого безпосередньо загрожує безпеці дорожнього руху. Інтенсивне механічне та теплове навантаження на елементи гальмівних механізмів у процесі експлуатації неминуче призводить до їх поступової деградації, що обумовлює необхідність систематичного технічного обслуговування та ремонту. Вибір методу відновлення визначається характером і ступенем пошкодження конкретного елемента системи. Виділяють такі основні способи ремонту гальмівних механізмів:

- заміна гальмівних колодок – виконується при зменшенні товщини фрикційного накладу до мінімально допустимих 2–3 мм. Для дискових механізмів передбачає демонтаж супорта і стиснення поршня; для барабанних – зняття барабана з подальшою заміною колодок і поворотних пружин;

- проточка або заміна дисків і барабанів. Биття, нерівномірний знос або борозни усуваються механічною обробкою на токарному верстаті, якщо залишкова товщина деталі відповідає нормативному мінімуму. Перевищення граничного зносу, поява втомних тріщин або термічна деформація є безумовними підставами для заміни;

- ремонт гальмівного супорта – охоплює заміну ущільнювальних манжет, пілозахисних чохлах і поршнів, відновлення або заміну напрямних

пальців. Руйнування корпусу виключає часткове відновлення і потребує заміни вузла в зборі;

- ремонт колісних і головного гальмівного циліндрів – відновлення геометрії дзеркала здійснюється хонінгуванням із подальшою заміною манжет і ковпачків. Корозійне ураження понад допустиму норму або конструктивні особливості сучасних вузлів роблять економічно обґрунтованішою повну заміну;

- ремонт вакуумного підсилювача – найчастіше пов'язаний із пошкодженням діафрагми або втратою герметичності корпусу. Пошкодження зворотного клапана порушує стабільність розрідження в системі. При комплексному зносі підсилювач замінюється повністю;

- прокачування та заміна гальмівної рідини – є обов'язковими після будь-якого розкриття гідравлічного контуру, а також регламентно з інтервалом не більше двох років. Гігроскопічність рідини зумовлює накопичення вологи, що знижує температуру кипіння та підвищує ризик пароутворення в магістралях;

- ремонт стояночного гальма – зводиться до регулювання або заміни тросового приводу і налаштування задніх колодок. Порушення регулювання призводить до нерівномірного розподілу зусилля між колесами задньої осі;

- обслуговування антиблокувальної системи (ABS) – найпоширенішими несправностями є вихід із ладу датчиків швидкості коліс і пошкодження електричної проводки; рідше — відмова гідравлічного модулятора, заміна якого є технічно складною процедурою.

При виконанні будь-якого з перелічених видів ремонту дотримується принцип осьової симетрії: колодки та диски замінюються одночасно на обох колесах однієї осі. Ігнорування цього правила призводить до різниці гальмівних зусиль між лівим і правим колесами, що є потенційно небезпечним при екстремому гальмуванні.

1.3. Конструктивні особливості та оцінка експлуатаційної надійності гальмівних механізмів автомобіля Volkswagen Golf VII)

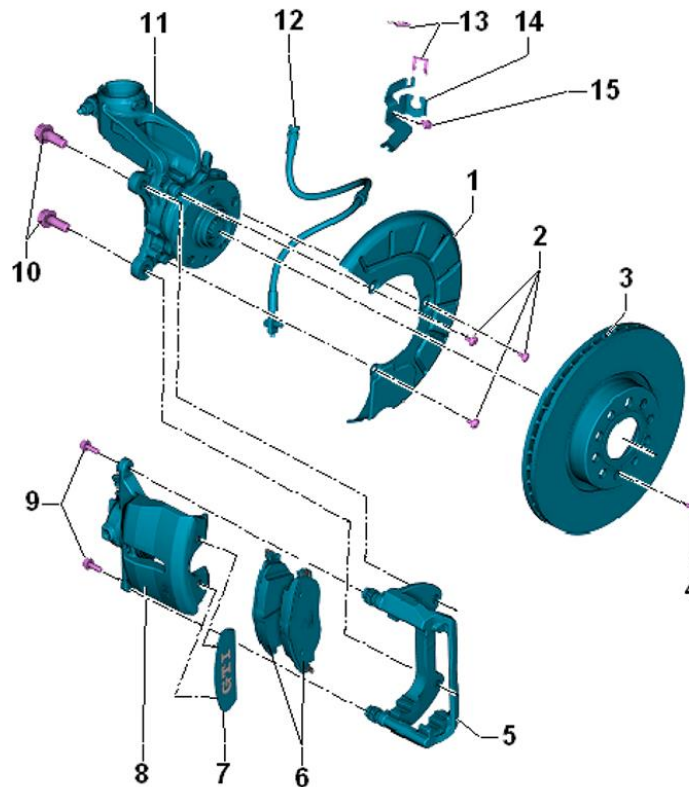
Як зазначено вище, гальмівні механізми автомобіля Volkswagen Golf мають конструкцію з плаваючою скобою. На рисунку 1.2 приведена схема компонентів передніх гальмівних механізмів: Найбільш критичним елементом при демонтажі є рухоме спряження самоконтрувальних болтів (позиція 9) та напрямних пальців супорта (позиція 8). Через вплив вологи й бруду мастило в них втрачає свої властивості, що викликає підclinювання корпусу супорта (позиція 8). Це призводить до прискореного нерівномірного зносу колодок (позиція 6) та перегріву диска (позиція 3). Під час збирання гальмівного механізму ці болти (позиція 9) підлягають обов'язковій заміні на нові для запобігання їх самовільному розкручуванню.

Особливу увагу при дефектації приділяють направляючій колодок - скобі супорта (позиція 5). Корозія та нагар на її торцевих поверхнях заважають вільному ходу колодок (позиція 6), через що вони перестають відходити від диска після відпускання педалі. Технологічний процес вимагає ретельного очищення цих зон перед збиранням. Сама скоба (позиція 5) кріпиться до корпусу підшипника (позиція 11) за допомогою важких ребристих болтів (позиція 10), які під час монтажу потребують обов'язкової перевірки стану різьби.

Контроль гальмівного диска (позиція 3) передбачає перевірку його товщини та відсутності жолоблення поверхні. Для його повного зняття необхідно відкрутити фіксуючий гвинт (позиція 4) та демонтувати захисний кожух (позиція 1), який утримується окремими гвинтами (позиція 2). Нові диски (позиція 3) також встановлюються строго парами, щоб уникнути різниці гальмівних сил між колесами.

Завершальним етапом є огляд гнучкого гальмівного шланга (позиція 12), гума якого з часом тріскається від постійних деформацій під час поворотів

коліс. За наявності мікротріщин або здуття шланг замінюють. При збиранні обов'язково контролюється правильність його фіксації у кронштейні (позиція 14) за допомогою затискача (позиція 13) і болта (позиція 15), щоб унеможливити перекручування або перетирання шланга під час руху підвіски.



- 1 – Захисний кожух; 2 – Гвинти кріплення захисного кожуха; 3 – Гальмівний диск; 4 – Фіксуєчий гвинт гальмівного диска; 5 – Скоба супорта;
- 6 – Гальмівні колодки; 7 – Захисна пластина; 8 – Корпус супорта;
- 9 – Самоконтрувальні болти напрямних пальців; 10 – Важкі ребристі болти кріплення скоби супорта; 11 – Корпус підшипника; 12 – Гнучкий гальмівний шланг;
- 13 – Затискач фіксації шланга; 14 – Кронштейн кріплення шланга;
- 15 – Болт кріплення затискача.

Рисунок 1.2 – Передній гальмівний механізм

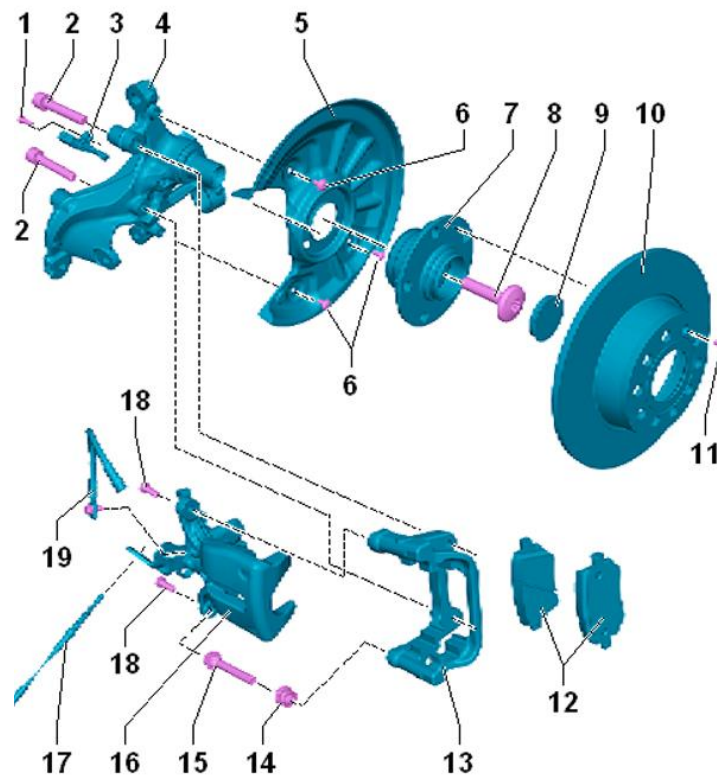
Розглянемо задню вісь автомобіля та гальмівні механізми на рисунку 1.3:

Найбільш рухливим вузлом, що визначає працездатність плаваючої конструкції, є спряження напрямних пальців (позиція 15) та корпусу гальмівного супорта (позиція 16). Через постійний вплив вологи мастило під захисними ковпачками (позиція 14) втрачає свої властивості, викликаючи заклинювання супорта (позиція 16). Це призводить до прискореного зносу колодок (позиція 12) та локального перегріву диска (позиція 10). При розбиранні пальці (позиція 15) обов'язково дефектують і змащують, а самоконтрувальні болти (позиція 18) під час збирання замінюють на нові, щоб уникнути їхнього саморозкручування.

Наступним кроком є контроль гальмівних колодок (позиція 12). При їх демонтажі оцінюють залишкову товщину фрикційних накладок. У разі досягнення критичного зносу, заміну колодок (позиція 12) проводять виключно повним комплектом для обох сторін задньої осі.

Особливу увагу приділяють направляючій колодок - скобі супорта (позиція 13). Корозія та нагар на її робочих поверхнях перешкоджають вільному ходу колодок (позиція 12). Перед збиранням ці зони підлягають ретельному очищенню. Сама скоба (позиція 13) кріпиться до корпусу колісного підшипника (позиція 4) за допомогою важких кріпильних болтів (позиція 2), які при кожному демонтажі обов'язково замінюються на нові.

Оцінка стану гальмівного диска (позиція 10) передбачає вимірювання його товщини та перевірку площини на відсутність жолоблення. Для зняття диска необхідно відкрутити фіксуючий гвинт (позиція 11) та демонтувати захисний кожух (позиція 5), який утримується окремими гвинтами (позиція 6). З метою забезпечення рівномірності гальмівних сил нові диски (позиція 10) встановлюють строго парами. При цьому для доступу до маточини з підшипником (позиція 7) знімається пилозахисний ковпачок (позиція 9) та відкручується центральний болт (позиція 8).



- 1 – Гвинт фіксації датчика ABS; 2 – Важкі кріпильні болти скоби супорта;
 3 – Датчик швидкості колеса ABS; 4 – Корпус колісного підшипника; 5 – Захисний кожух; 6 – Гвинти кріплення захисного кожуха; 7 – Маточка з підшипником;
 8 – Центральний болт маточини; 9 – Пілозахисний ковпачок маточини;
 10 – Гальмівний диск; 11 – Фіксуючий гвинт гальмівного диска; 12 – Гальмівні колодки; 13 – Скоба супорта; 14 – Захисні ковпачки напрямних пальців; 15 – Напрямні пальці; 16 – Корпус гальмівного супорта; 17 – Трос стоянкового гальма;
 18 – Самоконтрувальні болти; 19 – Гальмівна магістраль

Рисунок 1.3 – Задній гальмівний механізм

Специфікою заднього механізму є інтеграція стоянкового гальма. Під час огляду перевіряють стан і рухливість троса стоянкового гальма (позиція 17). Будь-які сервісні роботи або заміна компонентів цієї зони вимагають обов'язкового регулювання приводу після збирання.

Завершальним етапом є дефектація гальмівної магістралі (позиція 19) та датчика швидкості колеса ABS (позиція 3). Шланг перевіряють на відсутність тріщин, а датчик ABS (позиція 3) перед монтажем у корпус підшипника (позиція 4) очищають, покриваючи посадкову поверхню термостійкою пастою та фіксуючи гвинтом (позиція 1) [4].

Оцінка експлуатаційної надійності гальмівної системи Volkswagen Golf VII на основі статистики сервісних центрів та звітів технічного контролю свідчить про високу загальну ефективність архітектури платформи MQB, яка, проте, має чітко виражені специфічні зони ризику та критично залежить від регулярності обслуговування. Передній контур демонструє високий рівень безвідмовності із середнім ресурсом оригінальних колодок у 30–45 тисяч кілометрів та дисків у 60–80 тисяч кілометрів, хоча базові версії з меншим діаметром дисків є чутливими до термічного жолоблення (викликає биття на кермі) при різкому охолодженні після інтенсивних навантажень. Найбільша кількість нарікань та експлуатаційних дефектів припадає на задні гальмівні механізми, де через специфіку алгоритмів систем імітації блокування диференціалу (XDS) та функції Auto-Hold спостерігається прискорений знос колодок, який часто наздоганяє передню вісь на пробігах 30–35 тисяч кілометрів. Крім того, низьке розташування задніх супортів сприяє інтенсивному впливу вологи та дорожніх реагентів, що викликає масове закисання колодок у посадкових місцях скоби та окиснення напрямних пальців, наслідком чого є підклинювання механізму, писк під час руху та критично нерівномірний знос внутрішньої та зовнішньої накладок. В електронному та гідравлічному компонентах блоки ABS/ESC від Continental демонструють високу живучість, проте вразливим елементом залишається провідка датчиків швидкості коліс, яка через постійні вигини під час роботи підвіски схильна до обривів, що призводить до раптового вимкнення всіх асистентів безпеки та вимагає обов'язкової профілактичної дефектації електронних шлейфів.

1.4. Методи та способи випробування гальмівних механізмів

Випробування гальмівних механізмів є невід'ємною складовою технічного контролю автомобіля, що забезпечує підтвердження відповідності гальмівної системи встановленим нормативним вимогам. Достовірність результатів випробувань визначається правильністю вибору методу контролю, станом вимірювального обладнання та дотриманням стандартизованих процедур перевірки. Розрізняють такі основні методи та способи випробування гальмівних механізмів:

- стендові випробування на роликовому стенді – є найпоширенішим діагностичним методом в умовах станцій технічного обслуговування. Колеса автомобіля по чергово встановлюються на обертові ролики, що дозволяє вимірювати гальмівну силу на кожному колесі окремо, визначати нерівномірність розподілу зусиль між колесами осі та виявляти заклинювання гальмівних механізмів;

- дорожні випробування гальмування – проводяться безпосередньо на дорожньому покритті з регламентованим коефіцієнтом зчеплення. Фіксуються гальмівний шлях, уповільнення та час спрацювання системи при заданій початковій швидкості. Метод відображає реальні умови експлуатації, однак потребує дотримання стандартизованих умов проведення та залежить від зовнішніх чинників;

- вимірювання гальмівного сповільнення деселерометром – інструментальний метод, що застосовується під час дорожніх випробувань. Прилад фіксує пікове та середнє уповільнення транспортного засобу в процесі гальмування, що дозволяє об'єктивно оцінити ефективність системи незалежно від суб'єктивного сприйняття водія;

- перевірка стояночного гальма на утримувальну здатність – виконується на похилій поверхні з нормованим кутом нахилу або на стенді. Критерієм є

утримання транспортного засобу від мимовільного руху протягом встановленого часу при повністю активованому стояночному гальмі;

- діагностика гідравлічного контуру на герметичність – передбачає створення надлишкового тиску в гідравлічній системі та спостереження за його утриманням протягом визначеного часового інтервалу. Падіння тиску свідчить про наявність витоків у трубопроводах, шлангах або ущільненнях робочих циліндрів;

- перевірка вакуумного підсилювача – здійснюється шляхом контролю розрідження у впускному трубопроводі двигуна та оцінки зміни зусилля на педалі гальма при працюючому і заглушеному двигуні. Відсутність ефекту підсилення або його нестабільність вказує на пошкодження діафрагми чи негерметичність корпусу;

- комп'ютерна діагностика електронних систем гальмування – застосовується для перевірки ABS, ESP та інших електронних підсистем за допомогою діагностичного сканера. Зчитування кодів несправностей і параметрів датчиків у режимі реального часу дозволяє локалізувати відмову без демонтажу вузлів;

- вимірювання залишкової товщини та геометрії фрикційних елементів. Виконується за допомогою мікрометра, штангенциркуля або спеціалізованих шаблонів. Контролюються товщина колодок і дисків, биття робочої поверхні диска, а також конусність і овальність барабанів.

Комплексне застосування перелічених методів забезпечує всебічну оцінку технічного стану гальмівної системи

1.5. Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра

Метою цієї роботи є покращення якості технічного обслуговування та ремонту гальмівних механізмів шляхом розробки ефективного технологічного процесу відновлення деталей та правильної організації їх діагностики.

У технологічному розділі проекту передбачено розрахувати річну виробничу програму для сервісної дільниці, обґрунтувати вибір необхідного обладнання, пристроїв та інструментів, а також покроково розробити послідовний технологічний процес ремонту переднього гальмівного супорта з чітким визначенням усіх ремонтних та відновлювальних операцій.

У конструкторському розділі роботи необхідно розглянути процес перевірки та діагностування гальмівних механізмів за допомогою спеціалізованого стендового обладнання. Спираючись на функціональні можливості та фізичний принцип роботи цього стенда, слід визначити й обґрунтувати головні технічні параметри, які безпосередньо забезпечують високу точність і достовірність отриманих результатів вимірювань.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Вибір і коригування вихідних нормативів проектування

Вихідні нормативи пробігів між технічними обслуговуваннями (ТО), капітальними ремонтами (КР) та питомої трудомісткості операцій встановлюються чинною нормативною документацією для еталонних умов експлуатації. Проте реальні умови роботи рухомого складу (категорія умов експлуатації, кліматична зона, модифікація автомобіля та тип парку) суттєво відрізняються від базових. Тому технічне проектування виробничої бази вимагає обов'язкового коригування нормативів за допомогою системи поправочних коефіцієнтів (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5). Це дозволяє адаптувати розрахунки до конкретних умов підприємства та сформувати об'єктивну базу для визначення виробничої програми. Коригування пробігів до капітального ремонту та періодичності технічних обслуговувань здійснюється за формулами, що враховують категорію умов експлуатації (K_1), модифікацію рухомого складу (K_1, K_2) та природно-кліматичні умови (K_3). Для коригування питомої трудомісткості додатково застосовуються коефіцієнти, що враховують розмір парку і кількість технологічно сумісних груп автомобілів (K_4), а також спосіб зберігання транспорту та умови праці (K_5). У даному проекті для парку автомобілів прийнято такі значення поправочних коефіцієнтів: $K_1 = 1$ - враховує роботу автомобілів у III категорії умов експлуатації (інтенсивний міський рух з частими зупинками, що прискорює знос фрикційних елементів гальм та трансмісії); $K_2 = 1$ - базове значення для базових моделей автомобілів без спеціальних модифікацій кузова або шасі; $K_3 = 1$ - враховує помірно-холодну кліматичну зону з високою вологістю, що підвищує ризик корозійного пошкодження металевих деталей та гідросистеми; $K_4 = 1,1$ - враховує середній розмір підприємства та

технологічну сумісність груп рухомого складу, що дещо збільшує питому трудомісткість через диверсифікацію постів; $K_5 = 1$ - враховує відкритий спосіб зберігання рухомого складу на підприємстві, що збільшує трудовитрати на підготовчі та пускові операції в зимовий період. На основі обраних коефіцієнтів виконується розрахунок скоригованих і уточнених нормативних параметрів програми.

Визначаємо загальний пробіг до капітального ремонту:

$$L_k = L_k^H * K_1 * K_2 * K_3 \quad (1)$$

$$L_k = 150 * 1 * 1 * 1 = 150 \text{ тис. км.}$$

Визначаємо періодичність ТО-1 і ТО-2:

$$L_{\text{ТО}} = L_{\text{ТО}}^H * K_1 * K_3 \quad (2)$$

$$L_{\text{ТО-1}} = 5 * 1 * 1 = 5 \text{ тис. км}$$

$$L_{\text{ТО-2}} = 20 * 1 * 1 = 20 \text{ тис. км.}$$

Визначимо трудомісткість ЩО, ТО-1, ТО-2:

$$t = t_H * K_2 * K_4 \quad (3)$$

$$t_{\text{ЩО}} = 0,2 * 1 * 1,1 = 0,22 \text{ люд.год}$$

$$t_{\text{ТО-1}} = 2,6 * 1 * 1,1 = 2,86 \text{ люд.год}$$

$$t_{\text{ТО-2}} = 10,5 * 1 * 1,1 = 11,55 \text{ люд.год.}$$

Визначимо трудомісткість поточних робіт:

$$t_{\text{ПР}} = t_{\text{ПР}}^{\text{H}} * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 \quad (4)$$

$$t_{\text{ПР}} = 1,8 * 1 * 1 * 1 * 1,1 * 1 = 1,98 \text{ люд}\cdot\text{год.}$$

Визначимо кратність ТО-1 (зведену до цілого числа):

$$n_1 = \frac{L_{\text{ТО-1}}}{l_{\text{BC}}} \quad (5)$$

$$n_1 = \frac{5}{0,28} = 18;$$

Уточнимо пробіг до ТО-1:

$$L_{\text{ТО-1}} = n_1 * l_{\text{BC}} \quad (6)$$

$$L_{\text{ТО-1}} = 18 * 280 = 5040 \text{ км};$$

Визначимо кратність ТО-2 (зведену до цілого числа):

$$n_2 = \frac{L_{\text{ТО-2}}}{L_{\text{ТО-1}}} \quad (7)$$

$$n_2 = \frac{20}{5,04} = 4;$$

Уточнимо пробіг до ТО-2:

$$L_{\text{ТО-2}} = n_2 * L_{\text{ТО-1}} \quad (8)$$

$$L_{\text{ТО-2}} = 4 * 5,04 = 20160 \text{ км};$$

Визначимо кратність КР (зведену до цілого числа):

$$n_3 = \frac{L_{\text{КР}}}{L_{\text{ТО-2}}} \quad (9)$$

$$n_3 = \frac{150}{20,16} = 8;$$

Уточнимо пробіг до КР:

$$L_{\text{КР}} = n_3 * L_{\text{ТО-2}} \quad (10)$$

$$L_{\text{КР}} = 8 * 20,16 = 161280 \text{ км};$$

2.2. Розрахунок річної та добової виробничої програми з ТО та ПР

Визначення річної та добової виробничої програми за видами технічного обслуговування та поточного ремонту дозволяє встановити планову кількість технічних впливів на рухомий склад за визначений проміжок часу. Кількісні показники виробничої програми є основою для подальшого обчислення сумарної річної трудомісткості робіт, координації графіка завантаження робочих постів та визначення матеріально-технічних потреб підприємства.

Розрахунок обсягів і кількості обслуговувань виконується на основі сумарного річного пробігу автомобілів та нормативних періодичностей ТО, скоригованих відповідно до умов експлуатації та категорії рухомого складу.

Сумарний річний пробіг по кожній моделі автомобілів, км:

$$L_{\text{рі}} = \frac{A_i * D_p}{\frac{1}{l_{\text{сі}}} + \frac{a_{\text{кі}} * K_2}{L_{\text{кі}}} + \frac{a_{\text{топі}} * K_2}{1000}} \quad (11)$$

$$L_{pi} = \frac{121 \cdot 280}{\frac{1}{280} + \frac{12 \cdot 1}{161280} + \frac{0,18 \cdot 1}{1000}} = 8855,6 \text{ тис. км}$$

Річна кількість технічних впливів:

$$N_k = \frac{L_p}{L_k} \quad (12)$$

$$N_k = \frac{8855,6}{161,28} = 54,91$$

$$N_2 = \frac{L_p}{L_2} - N_k \quad (13)$$

$$N_2 = \frac{8855,6}{20,16} - 54,91 = 384,35$$

$$N_1 = \frac{L_p}{L_2} - N_k \quad (14)$$

$$N_1 = \frac{8855,6}{5,04} - 54,91 - 384,35 = 1317,8$$

$$N_{\text{ЩОд}} = \frac{L_p}{L_{\text{сд}}} \quad (15)$$

$$N_{\text{ЩОд}} = \frac{8855,6}{0,28} = 31627,14$$

$$N_{\text{ЩОт}} = (N_1 + N_2) * K_{\text{ПР}} \quad (16)$$

$$N_{\text{ЩОт}} = (1317,8 + 384,35) * 1,6 = 2723,4$$

$$N_{\text{сo}} = 2 * A_0 \quad (17)$$

$$N_{co} = 2 * 121 = 242$$

$$N_{D-1} = 1,1 * N_1 + N_2 \quad (18)$$

$$N_{D-1} = 1,1 * 1317,8 + 384,35 = 1833,9$$

$$N_{D-2} = 1,2 * N_2 \quad (19)$$

$$N_{D-2} = 1,2 * 384,35 = 461,22$$

2.3. Розрахунок обсягів робіт з ТО і ПР рухомого складу

Визначення річних обсягів технічного обслуговування та поточного ремонту є базовим етапом технологічного проектування, який визначає виробничу програму всіх зон, діляниць та допоміжних підрозділів підприємства. Величина сумарних трудовитрат дозволяє встановити необхідну кількість робітників, розрахувати число постів обслуговування, а також підібрати технологічне обладнання й інструмент для реалізації розроблених технологічних процесів.

Річні обсяги робіт по кожній моделі рухомого складу розраховують диференційовано за видами технічних впливів на основі річної виробничої програми та скоригованих значень питомої трудомісткості операцій.

Річні обсяги робіт по кожній моделі рухомого складу визначають так:

$$T_{щод} = N_{щод} * t_{щод} \quad (20)$$

$$T_{щод} = 31627,14 * 0,22 = 6957,9 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

$$T_{щот} = N_{щот} * t_{щот} \quad (21)$$

$$T_{\text{щот}} = 2723,4 * 0,22 = 599,148 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

$$T_1 = N_1 * t_1 \quad (22)$$

$$T_1 = 1317,8 * 2,86 = 3768,9 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

$$T_2 = N_2 * t_2 + N_{\text{co}} * m_1 * t_2 \quad (23)$$

$$T_2 = 384 * 11,55 + 242 * 0,5 * 11,55 = 528,45 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

$$T_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{пр}} * L_{\text{пр}}}{1000} \quad (24)$$

$$T_{\text{пр}} = 2,86 * 8855,6 = 25327 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

$$T_p = T_{\text{щод}} + T_{\text{щот}} + T_1 + T_2 + T_{\text{пр}} \quad (25)$$

$$T_p = 6958 + 599,15 + 3769 + 528,45 + 25327 = \\ 37181,6 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

Трудомісткість діагностики Д-1:

$$T_{D-1} = m_2 * T_1 + m_3 * T_{\text{пр}} \quad (26)$$

$$T_{D-1} = 0,15 * 3769 + 0,01 * 25327 = 818,62 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

Трудомісткість поглибленої діагностики Д-2:

$$T_{D-2} = m_4 * T_2 + m_5 * T_{\text{пр}} \quad (27)$$

$$T_{D-2} = 0,12 * 528,45 + 0,01 * 25327 = 316,68 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

$$T_1 = m_4 * T_2 + m_5 * T_{\text{пр}} \quad (28)$$

$$T_1 = 3769 - 0,15 * 3769 = 3203,65 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

$$T_2 = T_2 - m_4 T_2 \quad (29)$$

$$T_2 = 528,45 - 0,12 * 528,45 = 1056,8 \text{ люд}\cdot\text{год}$$

2.4. Визначення чисельності працюючих зони ПР

Розрахунок кількості виробничого персоналу є основою для організації праці на ділянках поточного ремонту (ПР), проектування санітарно-побутових приміщень та визначення фонду заробітної плати. Обчислення виконуються для збалансування виробничої потужності ділянки відповідно до річного обсягу трудовитрат, що дозволяє виключити простої обладнання та простої автомобілів в очікуванні ремонту.

У процесі проектування визначають два види чисельності: технологічно необхідну (кількість виконавців для відпрацювання програми за умови 100% відвідуваності) та штатну (повний списковий склад з урахуванням відпусток, лікарняних та інших планових невиходів). Базою для розрахунку є річні фонди часу робочого місця та одного робітника.

Технологічно необхідна чисельність робітників зони ПР:

$$P_{\text{т}} = \frac{T_{\text{пр}}}{2070} = \frac{25327}{2070} = 12,23 = 13 \text{ чоловік} \quad (30)$$

Штатна чисельність робітників зони ПР:

$$P_{\text{ш}} = \frac{T_{\text{пр}}}{1830} = \frac{25327}{1830} = 13,84 = 14 \text{ чоловік} \quad (31)$$

2.5. Розрахунок кількості робочих постів, задіяних в технічному процесі

Метою даного підрозділу є технологічний розрахунок та обґрунтування необхідної кількості спеціалізованих універсальних і тупикових постів для забезпечення безперебійного виконання програми поточного ремонту (ПР) рухомого складу підприємства. Об'єктивне визначення кількості робочих постів дозволяє оптимізувати пропускну спроможність виробничих зон, мінімізувати час простою автомобілів у черзі на обслуговування, а також раціонально розподілити виробничі площі під підйомні механізми та діагностичні комплекси. Розрахунок базується на річному обсязі трудовитрат, коефіцієнті нерівномірності надходження транспортних засобів та нормативному фонді часу роботи робочого поста.

Кількість постів ПР:

$$\Pi = T_{\text{пр}} * \frac{K_p}{D_{\text{рг}}} * C * t * P * K_{\text{вих}} \quad (32)$$

$$\Pi = 25327 * \frac{1,25}{305} * 2 * 7 * 1 * 0,98 = 9,04 = 10 \text{ постів}$$

З урахуванням питомої трудомісткості та структури ремонтних робіт автомобілів визначаємо кількість постів ремонту гальм, рульового керування і ходової частини:

$$\Pi_r = 0,5\Pi = 5 \text{ постів}$$

Отже, виявлено, що для забезпечення виконання програми ПР потрібно 10 постів.

2.6. Впровадження технологічного процесу ремонту гальмівних механізмів

Ефективне технічне обслуговування та ремонт гальмівних механізмів передбачає систематичний контроль за станом фрикційних елементів й своєчасне відновлення їх працездатності. Основною операцією догляду є перевірка відповідності лінійних розмірів гальмівних дисків та колодок встановленим заводським нормам, а також повне дефектування елементів гідравлічного приводу. Контроль параметрів здійснюють лише на очищеному від бруду механізмі, використовуючи прецизійний вимірювальний інструмент. Після видалення зношених компонентів необхідно демонтувати напрямну скобу супорта, очистити її та внутрішні порожнини від продуктів зносу фрикційних накладок, виконати промивання й встановити вузол у зворотній послідовності. Під час складання важливо переконатися, що ущільнювальна манжета квадратного перерізу та захисний пильовик робочого циліндра не мають механічних пошкоджень, оскільки це може спричинити втрату герметичності, витік робочої рідини та раптову відмову гальм.

Для очищення деталей гальмівного механізму рекомендується застосовувати спеціалізовані швидкодіючі спреї-очисники на спиртовій основі. Категорично забороняється використовувати для очищення деталей стиснене повітря, що зумовлено екологічними вимогами безпеки через загрозу утворення дрібнодисперсного пилу фрикційних накладок, шкідливого для органів дихання. Також заборонено застосовувати агресивні розчинники, бензин або мінеральні оливи, які викликають деградацію ущільнювальних матеріалів і заклинювання поршня. Для змащування рухомих

деталей і поршня використовують виключно спеціальну літєву складальну пасту специфікації G 052 150 A2, а застосування традиційних мідновмісних мастил повністю виключається через ризик виникнення електрохімічної корозії та викривлення сигналів магнітних датчиків системи ABS.

У процесі експлуатації передніх гальмівних механізмів виникає потреба у періодичному виконанні контрольних-діагностичних робіт. До основних видів вимірювань належать визначення залишкової товщини вентильованого гальмівного диска, яка для модифікації діаметром 340 мм при номіналі 30,0 мм обмежена граничним значенням 27,0 мм. Залишкова товщина фрикційного матеріалу колодок передньої осі при номінальному значенні 13,0-14,0 мм дефектується на граничний знос при досягненні 2,0 мм, причому колодки підлягають обов'язковій заміні комплектом на всій осі у разі виявлення косоного зносу з перепадом товщини понад 1,0 мм або ознак термічного розшарування. Додатково виконується контроль осьового биття гальмівного диска безпосередньо на маточині автомобіля за допомогою індикатора годинникового типу, при цьому гранично допустиме відхилення геометричної форми не повинно перевищувати значення 0,05 мм [4].

Для забезпечення правильної роботи гідравлічного супорта та запобігання вібраціям під час складання необхідно суворо дотримуватися встановлених моментів затягування різьбових з'єднань за допомогою динамометричного ключа. Фіксацію направляючих пальців переднього супорта до скоби виконують із зусиллям 35 Н·м, причому ці кріпильні болти є одноразовими через наявність мікрокапсульованого фіксатора різьби та підлягають обов'язковій заміні новими.

Регулювання та закріплення напрямної скоби переднього супорта до поворотного кулака здійснюють шляхом затягування болтів моментом 200 Н·м, а фіксуючий гвинт гальмівного диска до маточини утримується зусиллям у межах 4–8 Н·м. Після завершення монтажних операцій та встановлення коліс обов'язковим технічним етапом є багаторазове сильне натискання на педаль

гальма на нерухомому автомобілі, що забезпечує відновлення робочого зазору та переміщення поршнів і колодок у вихідне положення.

Зняття переднього гальмівного механізму. Для демонтажу елементів гальмівної системи автомобіля необхідно виконати таку послідовність операцій: встановити транспортний засіб на підйомник або оглядову канаву, вимкнути запалювання та зафіксувати колеса; підняти автомобіль та демонтувати переднє колесо для забезпечення безперешкодного доступу до конструкції механізму; ретельно очистити зовнішні поверхні супорта та гальмівного диска від корозії; відкрутити кріпильні болти направляючих пальців супорта, утримуючи напрямні від провертання; обережно зняти корпус супорта з напрямної скоби, не від'єднуючи гальмівний шланг, та зафіксувати його за допомогою технологічного гака на елементах підвіски, запобігаючи натягу або перекручуванню гнучкого трубопроводу; вилучити зношені гальмівні колодки з пазів скоби; відкрутити болти кріплення і демонтувати напрямну скобу супорта від поворотного кулака; відвернути фіксуючий гвинт гальмівного диска до маточини та обережно зняти диск. Установлення переднього гальмівного механізму здійснюють у зворотній послідовності відносно операцій його демонтажу з обов'язковим очищенням прилеглих поверхонь маточини.

Для проведення подальшого розбирання демонтованого супорта на верстаку необхідно послідовно виконати такі дії: підвести стиснене повітря низького тиску через перехідник до отвору підключення гальмівного шланга та обережно випресувати поршень із робочого циліндра, підклавши дерев'яну брускову підставку для запобігання пошкодженню деталей; демонтувати захисний гумовий пильовик циліндра; за допомогою спеціального пластикового чи латунного інструмента вийняти еластичну ущільнювальну манжету квадратного перерізу з внутрішньої канавки робочого циліндра. Після розбирання всі металеві деталі підлягають ретельному очищенню та промиванню у спиртовому розчині з наступним продуванням повітрям.

Подальше обстеження здійснюють візуально та інструментально, звертаючи увагу на наявність корозійних каверн, рисок або задирів на дзеркалі циліндра та робочій поверхні поршня. Корпус супорта підлягає обов'язковій заміні у разі виявлення геометричних відхилень циліндричності, овальності або конусності понад 0,02 мм, оскільки будь-які хонінгувальні чи розточувальні операції повністю виключаються з міркувань безпеки.

Найбільш уразливим елементом вузла є ущільнювальна манжета та пильовик, для яких характерні втрата еластичності та розриви, що усувається встановленням нових деталей із сертифікованого ремонтного комплекту. Після заміни пошкоджених елементів збирання виконують у зворотній послідовності, змастивши дзеркало циліндра пастою G 052 150 A2 та забезпечивши точне заходження манжети в паз.

Таблиця 1 – Базовий технологічний процес ремонту деталей

№ п/п	Найменування операції	Обладнання та інструмент	Технічні умови	Трудомісткість, люд.-год
1	Мийка та очищення вузла	Мийна установка, щітки, стиснене повітря	Очищення від бруду та фрикційного пилу	0,3
2	Розбирання та дефектування	Слюсарний верстак, набір ключів	Визначення зносу	1,8
3	Відновлення/ремонт деталей	Слюсарний інструмент,	Механічна обробка	2,2

		верстатне обладнання	(шліфування, проточування)	
4	Збирання та мащення	Слюсарний верстак, стандартний набір ключів	Використання універсальних консистентних мастил	2,0
5	Випробування та контроль	Автомобіль, пост з оглядовою канавою	Прокачування системи вручну, дорожні іспити	1,5
Разом				7,8

Таблиця 2 – Модернізований технологічний процес відновлення деталей

№ п/п	Найменування операції	Обладнання та інструмент	Технічні умови	Трудомісткість, люд.-год
1	Очищення та мийка (без пилу)	Пневмогідравлічна установка закритого типу	Використання спиртового очисника під тиском	0,2

2	Розбирання та прецизійне дефектування	Стенд-кантувач, індикатор, мікрометр	Биття диска \leq 0,05 мм; заміна за «допусками на знос»	1,2
3	Агрегатно- вузловий ремонт	Спеціалізований стенд, пристрій VAS 6395	Заміна компонентів без механічної обробки	1,8
4	Збирання та динамометричн а фіксація	Динамометричні ключі Hazet, паста G 052 150 A2	Затягування: пальці 35 Н·м, скоба 200 Н·м	1,5
5	Стендові випробування на герметичність	Пневмогідравлічни й тест-стенд, роликовий стенд	Імітація екстреного гальмування; контроль сил на роликах	1,0
Разом				5,7

2.7. Вибір обладнання

Метою даного розділу є технічне обґрунтування, вибір та розрахунок необхідної кількості обладнання для дільниці з ремонту гальмівних систем, що забезпечить виконання розробленого технологічного процесу.

Вибір обладнання здійснювався за критеріями забезпечення високої точності контролю та зниження трудомісткості операцій. Основний акцент зроблено на спеціалізований інструмент, що дозволяє уникнути пошкодження прецизійних поверхонь супортів та поршнів. Згідно з методикою, кількість одиниць основного обладнання визначається на основі річного обсягу робіт та пропускної спроможності одиниці обладнання.

Таблиця 3 – Відомість технологічного обладнання та інструменту дільниці

Найменування	Тип	К-сть	Розміри
Пневмогідрравлічний тест - стенд		1	1520×810
Підйомник двостійковий електрогідрравлічний	Launch TLT- 240 SB	1	2800×1600
Верстак слюсарний	BC-1	1	1500×700
Стіл-візок для інструментів	BI-1	1	800×500
Стенд роликовий гальмівний		1	2369×950
Шафа інструментальна	ШІ-2	2	500×1000
Мийна установка закритого типу	OM-2860	1	800×600
Стенд для проточки дисків	P-105	1	400×400
Компресор поршневий	CO-7Б	1	1150×500

Робоче місце слюсаря-агрегатника організовано за тупиковою схемою. Пневмогідравлічний мультиплікатор та верстак для збирання супортів розташовані в єдиній технологічній лінії для мінімізації зайвих переміщень деталей. Всі проходи, відстані від стін та між одиницями обладнання чітко відповідають вимогам ОНТП-01-91, що гарантує повну безпеку праці. Обладнання для вимірювань зберігається у спеціальних інструментальних ложементях для захисту від забруднень.

2.8. Розрахунок виробничих приміщень

Важливим етапом технологічного проектування дільниць поточного ремонту є визначення їх геометричних параметрів, що забезпечує раціональне розміщення обладнання, безпеку виконання робіт та оптимізацію логістичних потоків всередині підприємства. Площі виробничих приміщень безпосередньо залежать від габаритних розмірів закладеного устаткування, специфіки технологічних процесів, а також від нормативних вимог до організації робочих місць і постів.

Загальна площа постів ремонту гальм, рульового керування і ходової частини та контролю і регулювання гальм розраховується на основі сумарної площі горизонтальних проекцій усього технологічного обладнання, підйомних механізмів, стаціонарних та пересувних інструментальних меблів, а також компресорного устаткування.

Загальна площа постів ремонту гальм, рульового керування і ходової частини та контролю і регулювання гальм:

$$F_3 = f_a * X_3 * K_{ш} \quad (34)$$

$$F_3 = 8 * 5 * 6 = 240 \text{ м}^2$$

Площа ділянки:

$$F_d = f_{об} * K_{щ} \quad (35)$$

$$F_d = 8,25 * 4 = 33 \text{ м}^2.$$

Розстановка обладнання на визначеній площі виконується за тупиковою схемою з дотриманням регламентованих відстаней (не менше 0,8–1,2 м від стін та між робочими зонами), що повністю задовольняє вимогам ДБН і забезпечує безпечні умови праці слюсарів-агрегатників при роботі з високим гідравлічним тиском і пневмоінструментом.

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування розробки та актуальність проектування стендового обладнання

У сучасних умовах автосервісу та авторемонтних підприємств підвищення якості діагностування та ремонту гальмівних систем є одним із ключових факторів забезпечення безпеки дорожнього руху. Гальмівний супорт є критично важливим вузлом, що працює в умовах постійних термомеханічних навантажень, високих тисків та агресивного середовища. Найменша втрата герметичності його ущільнювачів, мікротріщини в корпусі або деформація робочих циліндрів під час експлуатації призводять до раптової відмови гальм або нерівномірного розподілу гальмівних сил по колесах.

Традиційні методи контролю герметичності супортів після їхнього відновлення чи капітального ремонту в більшості майстерень обмежуються візуальним оглядом або перевіркою за допомогою стисненого повітря низького тиску безпосередньо на автомобілі. Такий підхід має суттєві недоліки: він не дозволяє імітувати реальні (екстремальні) режими роботи системи, не виявляє приховані мікродефекти, які проявляються лише під високим навантаженням, і супроводжується високою трудомісткістю.

З огляду на це, виникла гостра потреба в розробці та впровадженні спеціалізованого стендового обладнання для ділянки з ремонту гальмівних механізмів. Проектований стенд для перевірки герметичності дозволяє вирішити комплекс важливих технологічних завдань:

1. Імітація реальних умов експлуатації: Завдяки використанню пневмогідравлічного мультиплікатора стенд здатний безпечно створювати цільовий гідравлічний тиск у 12,0 МПа, що повністю відповідає тиску в системі під час екстреного гальмування. Це дає змогу проводити якісний стрес-тест відновленого вузла до його монтажу на автомобіль.

2. Гарантія якості ремонту: Наявність окремого контуру попереднього заповнення та деаерації гальмівною рідиною DOT4 виключає похибки вимірювань і гарантує, що супорт виходить із ділянки ремонту повністю працездатним та готовим до навантажень.

3. Економічна ефективність та безпека: Організація контролю на проміжному етапі виключає ризик повторного демонтажу вузла через виявлений брак, знижує загальну трудомісткість процесу та підвищує культуру виробництва.

Паралельно з цим, для підтвердження вихідних характеристик гальмівної системи в динаміці та проведення фінішного контролю ефективності гальмування, необхідна інтеграція процесу діагностування з роликівим гальмівним стендом. Роликовий стенд забезпечує точне визначення гальмівних сил безпосередньо в контакті шини з опорною поверхнею, імітуючи кінетичну енергію транспортного засобу за допомогою інерційних мас.

Впровадження запропонованого комплексу стендового обладнання повністю ліквідує суб'єктивізм під час контролю якості, мінімізує ризик виходу з ладу відновлених вузлів та підвищує загальну продуктивність праці на ділянці. Наведені далі інженерні розрахунки дозволяють визначити оптимальні геометричні, гідравлічні та кінематичні параметри проєктованих стендів, гарантуючи їхню надійну та безпечну експлуатацію.

3.2. Розрахунок стенда для перевірки герметичності гальмівних механізмів

Ефективність та надійність гідравлічного гальмівного приводу транспортних засобів безпосередньо залежить від герметичності його робочих елементів, зокрема гальмівних супортів. Для проведення високоточних випробувань гальмівних механізмів на предмет відсутності мікровитоків

робочої рідини та деформацій циліндрів під дією граничних навантажень розроблено спеціалізований діагностичний стенд.

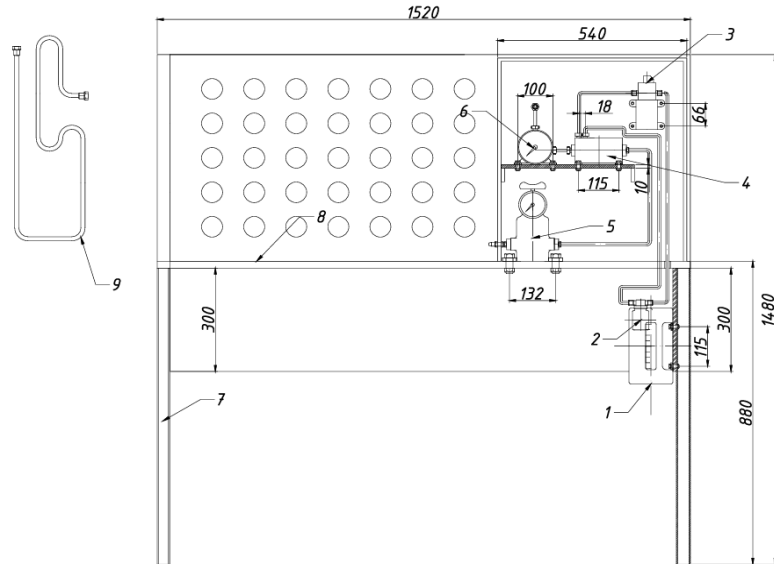


Рисунок 3.1 – Стенд для перевірки герметичності гальмівних механізмів

- 1 – бак; 2 – фільтр; 3 – електронасос; 4 – мультиплікатор;
 5 – редукційний клапан; 6 – манометр; 7 – ніжка; 8 – стелаж; 9 – рукав високого тиску

На першому етапі випробувальний супорт встановлюється на стенд, після чого підкачувальний електронний насос подає гальмівну рідину типу DOT4 з резервуара під тиском 0,5 МПа у робочу порожнину супорта. Це забезпечує швидке попереднє заповнення системи за визначений час та повне видалення залишків повітря, що є критично важливим для виключення похибок через стисливість газового середовища. Після повного заповнення контуру магістраль підкачування перекривається, і в роботу вступає головний силовий елемент – пневмогідролічний мультиплікатор тиску. Використовуючи доступний тиск стандартної заводської пневмомережі 0,8 МПа, мультиплікатор за рахунок суттєвої різниці площ пневматичного

поршня та гідравлічного плунжера пропорційно збільшує тиск у вихідному гідроконтурі. Створений цільовий гідравлічний тиск 12,0 МПа, який імітує екстремальне навантаження на гальмівну систему, подається через високоміцний рукав до супорта, де система витримується заданий технологічний час. Одночасно з цим механізм фіксації стенда забезпечує надійне утримання супорта із заданим коефіцієнтом запасу сили. Контроль стабільності тиску та виявлення можливого падіння напору, що свідчить про наявність мікротріщин або негерметичність ущільнювачів, здійснюється візуально за допомогою встановленого у магістраль вібростійкого манометра.

Нижче наведено детальний математичний розрахунок геометричних та силових параметрів елементів зазначеного стенда.

Для проведення розрахунку гідравлічного приводу стенда та механізму фіксації супорта встановлено такі вихідні параметри:

- Кількість поршнів випробувального супорта (n): 1
- Діаметр поршня супорта (d): 60 мм
- Конструктивний хід висування поршня до упору (h): 1,5 мм
- Коефіцієнт стисливості рідини та розширення магістралей ($k_{\text{стис}}$): 1,1
- Цільовий гідравлічний тиск тестування супорта ($P_{\text{в}}$): 12,0 МПа
- Робочий тиск заводської пневмомережі ($P_{\text{пов}}$): 0,8 МПа
- Механічний ККД пневмогідравлічного мультиплікатора (η): 0,93
- Коефіцієнт запасу сили механізму фіксації ($k_{\text{зап}}$): 1,3
- Діаметр штока (плунжера) мультиплікатора ($d_{\text{шт}}$): 6,0 мм
- Коефіцієнт запасу ходу плунжера (k_3): 1,3

$$A = \frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4} = 2827 \text{ мм}^2;$$

$$V_{\Gamma} = \left(\frac{n \cdot \pi \cdot d^2}{4} \cdot h \right) \cdot k_{\text{стис}} = 4665 \text{ мм}^3;$$

$$F_B = P_B * A = 33934 \text{ Н};$$

$$F_{\text{прит}} = k_{\text{зап}} * F_B = 44114 \text{ Н};$$

$$K_M = P_B / (\eta * P_{\text{пов}}) = 16,129;$$

Визначення діаметра поршня пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{K_M * d_{\text{шт}}^2} = \sqrt{16,13 * 13^2} = 52,2 \text{ мм};$$

Площа гідравлічного плунжера:

$$a_{\text{шт}} = \frac{(\pi * d_{\text{шт}}^2)}{4} = \frac{(3,1416 * 6^2)}{4} = 132,7 \text{ мм}^2;$$

Необхідний робочий хід для витіснення дози:

$$L_{\text{роб}} = \frac{V_{\Gamma}}{a_{\text{шт}}} = \frac{4665,26}{28,27} = 35,1 \text{ мм};$$

Повний конструктивний хід штока з урахуванням запасу:

$$L = L_{\text{роб}} * k_z = 165,0 * 1,3 = 45,7 \text{ мм}$$

Згідно з параметричним рядом стандартних ходів пневмоциліндрів, приймаємо конструктивний хід: $L_{\text{кк}} = 50 \text{ мм}$.

Розрахунок підкачувального електронного насоса:

Для попереднього заповнення системи гальмівною рідиною DOT4 та видалення повітря встановлено час заповнення $t = 3 \text{ с}$ при загальному об'ємі магістралей стенда $V_{\text{сист}} \approx 50 \text{ см}^3$ (0,05 л).

Необхідна об'ємна подача насоса):

$$Q = \left(\frac{V_{\text{сист}}}{t} \right) * 60 = \left(\frac{0,05}{3} \right) * 60 = 1,0 \text{ л/хв};$$

Потужність електродвигуна насоса ($P_{\text{нас}}$, Вт) при тиску підкачки $p = 0,5$ МПа та ККД $\eta_{\text{нас}} = 0,7$:

$$P_{\text{нас}} = \frac{(Q_{\text{мс}}^3 * p)}{\eta_{\text{нас}}} = \frac{(1,67 * 10^{-5} * 5 * 10^5)}{0,7} = 12 \text{ Вт};$$

Для забезпечення стабільної роботи насоса без підхоплення повітря та враховуючи габарити промислових аналогів, об'єм бака приймається з кратним запасом.

Конструктивний об'єм бака: $V_{\text{бак}} = 1,5$ літра.

Резервуар обладнується сітчастим фільтром грубої очистки на лінії всмоктування з номіналом фільтрації 80–100 мкм та пропускною здатністю не менше 2 л/хв.

Перевірочний розрахунок

Для з'єднання мультиплікатора з випробувальним супортом обрано стандартний рукав типу 1SN DN06 (внутрішній діаметр 6,3 мм, зовнішній діаметр 13,4 мм) згідно з EN 853.

Номінальний робочий тиск рукава (P_{max}): 22,5 МПа;

Мінімальний тиск розриву ($P_{\text{розр}}$): 90,0 МПа;

Фактичний коефіцієнт запасу міцності на стенді ($k_{\text{факт}}$):

$$k_{\text{факт}} = \frac{P_{\text{розр}}}{P_{\text{в}}} = \frac{90,0}{12,0} = 7,5.$$

Підбір вимірювального манометра:

Для забезпечення точності вимірювань робочий тиск тестування (12 МПа) має знаходитися в межах другої третини шкали приладу:

$$P_{\text{шк}} \geq 1,5 * P_{\text{в}} = 1,5 * 12 = 18 \text{ МПа.}$$

Приймається стандартний вібростійкий манометр типу МТ-3У з діапазоном вимірювання 0...25 МПа та класом точності 1.0.



Рисунок 3.2 – Стенд для перевірки герметичності гальмівних механізмів
MSG MS300

3.3. Розрахунок роликового стенда

Для комплексної та динамічної оцінки ефективності гальмівної системи в умовах, максимально наближених до реального дорожнього руху, застосовується роликовий гальмівний стенд. Його інтеграція у виробничий чи діагностичний процес дозволяє експериментально визначити сумарну

гальмівну силу, час спрацьовування приводу, а також питому гальмівну силу та асиметрію спрацьовування гальмівних механізмів на одній осі.

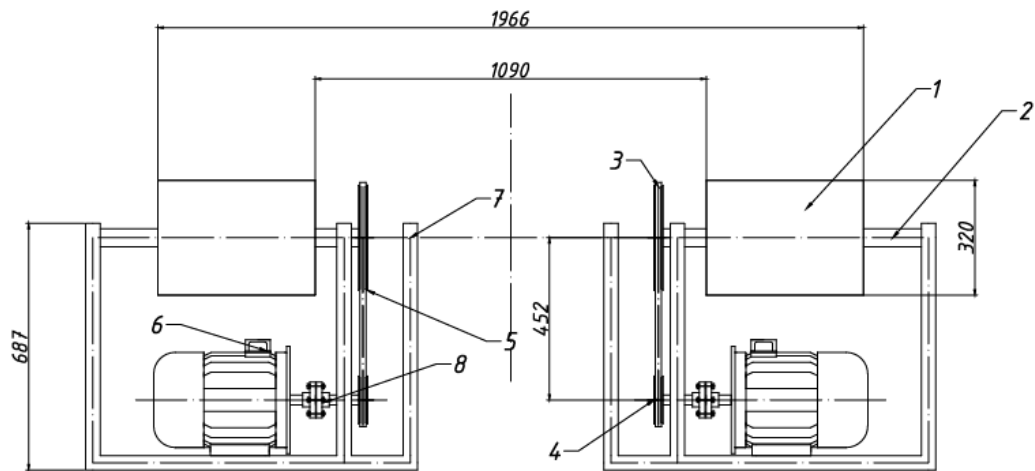


Рисунок 3.3 – Роликовий стенд

1 – ролик; 2 – вал; 3 – пас; 4 – ведучий шків; 5 – ведений шків;
6 – електродвигун; 7 – рама; 8 – муфта

Під час випробувань колеса досліджуваної осі розміщуються між двома ведучими роликами роликового блока стенда, які мають спеціальне високофрикційне напилення для забезпечення стабільного коефіцієнта зчеплення з шиною. Електромотори стенда через редуктори приводять ролики, а відповідно й колеса, у примусове обертання з фіксованою швидкістю, а при натисканні на педаль гальма колодки затискають диск чи барабан, створюючи момент сили, що протидіє обертанню. Виникаюча при цьому гальмівна сила прагне виштовхнути колесо зі стенда, тому для компенсації цієї тенденції до самовиїзду назад задній ролик геометрично встановлюється вище за передній на певну величину, що надійно фіксує вісь у пазу. Реактивний момент, який виникає на рухомих корпусах мотор-редукторів, фіксується вимірювальними датчиками й автоматично перераховується у лінійну гальмівну силу. Оскільки перевірка виконується у динаміці, блоки роликів кінематично пов'язуються зі спеціальними інерційними масами у вигляді маховиків, що дозволяє зорієнтувати кінетичну енергію елементів стенда на еквівалент реальної

кінетичної енергії маси транспортного засобу, яка припадає на досліджувану вісь під час гальмування на дорозі.

Нижче наведено розрахунок геометричних параметрів роликового блока та функціональних властивостей стенда для забезпечення коректних умов діагностування.

Діаметр роликів у мм визначається за формулою:

$$D = 1,0 * r_k = 308 * 1 = 308 \text{ мм};$$

Отриманий діаметр ролика потрібно округлити до найближчого числа з ряду: 240, 320, 370, 400, 475 мм. Приймаємо $D = 320$ мм.

Для осей з односхилими колісьми при колії K і ширині профілю шин $B_{ш}$ ширина по зовнішніх гранях коліс найбільшого автомобіля становить:

$$B_{max} = B_{ш} + K_{max} = 225 + 1541 = 1766 \text{ мм};$$

$$B_{min} = B_{ш} + K_{min} = 1515 - 225 = 1290 \text{ мм};$$

$$B = B_{max} + 2t = 1766 + 200 = 1966 \text{ мм};$$

$$C = B_{min} - 2t = 1290 - 200 = 1090 \text{ мм};$$

$$l_p = \frac{(B-C)}{2} = \frac{(1966-1090)}{2} = 438 \text{ мм};$$

Взаємне розташування роликів вибирають з таких міркувань. При гальмових випробуваннях автомобіль має тенденцію до самовийїзду назад, при тягових – уперед. Тому на гальмових стендах задній ролик розміщують вище переднього, на тягових – навпаки[7].

З досвіду проектування та експлуатації стендів можна приймати

$$2\alpha = 65...90^\circ$$

$$M = 2 * (r_k + r_p) * \sin\alpha = 2 * (308 + 154) * 0,5736 = 536 \text{ мм.}$$

Розрахунок функціональних властивостей стенда

На дорозі величина нормативної гальмівної сили в Н для передньої та задньої осей складає:

$$P_{mn1} = \frac{\beta * m_d * j_H}{2} = \frac{0,6 * 1550 * 5}{2} = 2325 \text{ Н;}$$

$$P_{mn2} = \frac{(1-\beta) * m_d * j_H}{2} = \frac{0,4 * 1550 * 5}{2} = 1550 \text{ Н;}$$

Маса між передніми і задніми колісьми відповідно розподіляється так:

$$m_{дп} = \beta * m_d = 0,6 * 1550 = 930 \text{ кг;}$$

$$m_{дз} = (1 - \beta) * m_d = 0,4 * 1550 = 620 \text{ кг;}$$

Необхідна інерційна маса стенда для передніх коліс визначається за формулою:

$$m_{ст} = \frac{\beta * m_d * V_d^3}{V_c^3} - 2m_{кп} = \frac{0,6 * 1550 * 40^3}{80^3} - 2 * 18,35 = 79,55 \text{ кг;}$$

Вибравши значення інерційної маси стенда для перевірки гальм передньої осі визначаємо швидкість перевірки гальм задньої осі

$$V_{сз} = 40 * \sqrt[3]{\frac{(1-\beta) * m_d}{m_{ст} + 2m_{к}}} = 40 * \sqrt[3]{\frac{620}{80 + (2 * 17,95)}} = 70 \text{ км/Год.}$$



Рисунок 3.4 – Пульт керування параметрами стенда

На основі цих положень у подальшому виконується розрахунок геометричних параметрів роликів та визначення функціональних властивостей стенда. Отримані результати дозволять сформувати базу для коректного динамічного діагностування гальмівної системи.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги безпеки до приміщення дільниці та загальні правила підготовки до поточного ремонту

Планувальні та конструктивні рішення приміщення зони поточного ремонту (ПР) виконані з дотриманням нормативних вимог з охорони праці та пожежної безпеки. Приміщення зони поточного ремонту гальмівних систем не має безпосереднього сполучення з допоміжними та побутовими приміщеннями, де постійно перебуває персонал, а сполучення з суміжними виробничими зонами здійснюється через нормативні дверні прорізи з межею вогнестійкості не менше EI 60 згідно з ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Зона ПР обладнана виїзними воротами, які відкриваються виключно назовні та забезпечують безперешкодну евакуацію автомобіля і персоналу. Підлога в зоні поточного ремонту має полімерне маслобензостійке покриття з ухилом не менше 1% у бік трапів і лотків промислової каналізації для збору та відведення стічних вод, при цьому її поверхня відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.62-12 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті» постійно утримується в сухому стані, що повністю виключає слизькість.

Межі робочої зони підйомника, роликового гальмівного стенда та проходи в зоні ПР позначені незмивною фарбою жовтого кольору сигнальної розмітки шириною 50–100 мм відповідно до ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки», а відстані між елементами обладнання і стінами становлять не менше 0,8 м для забезпечення вільного доступу та відкривання дверей автомобіля. Висота стелі зони ПР становить не менше 3,0 м, завдяки чому при повному підйомі автомобіля на підйомнику

відстань від верхньої точки автомобіля до низу будівельних конструкцій або виступаючих частин комунікацій становить не менше 0,2 м.

Повітря робочої зони за вмістом шкідливих речовин відповідає вимогам, а показники шуму не перевищують 80 дБА згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Операції, пов'язані з виділенням шкідливих речовин під час рідинного миття супортів очисником, виконуються в мийній установці закритого типу, яка обладнана автономною місцевою витяжною вентиляцією зі швидкістю руху повітря у відкритих прорізах не менше 0,7 м/с. Загальний контроль тиску повітря та живлення інструменту забезпечується через підключення до компресора поршневого, а слюсарно-розбиральні роботи та зберігання приладів організовано із застосуванням слюсарного стола та стола-візка для інструментів.

Перед початком виконання будь-яких технологічних операцій у зоні ПР слюсар-агрегатник зобов'язаний одягнути спецодяг, застебнути або обв'язати обшлагаи рукавів та акуратно заправити одяг. Після цього необхідно ретельно оглянути робоче місце, прибрати всі сторонні предмети, що можуть заважати процесу ремонту, та обов'язково перевірити освітлення робочої зони, де напруга для місцевого освітлення і в переносних ручних лампах відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» суворо обмежується і не повинна перевищувати 12 В. Усі робочі інструменти, пристрої, засоби індивідуального захисту та деталі автомобіля слід розташовувати у зручному, безпечному для користування порядку, попередньо впевнившись у їхній повній справності та відсутності сколів на слюсарному інструменті відповідно до НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями».

Перед початком ремонту на посту ПР автомобіль повинен бути надійно загальмований стоянковим гальмом, увімкнена перша передача або режим паркування, вимкнене запалювання, під колеса підкладено не менше двох

протівідкатних башмаків, а на рульове колесо в обов'язковому порядку вивішено попереджувальну табличку розміром 200x100 мм з текстом «Двигун не запускати! Працюють люди.». Після закінчення робіт слюсар зобов'язаний привести в порядок робоче місце, очистити й скласти інструмент у ложементи стола-візка, зібрати використане ганчір'я у металеві ящики з кришками, що щільно закриваються, повідомити керівника про виявлені недоліки, зняти спецодяг і ретельно помити руки та обличчя теплою водою з милом.

4.2. Техніка безпеки під час експлуатації підйомного обладнання та стендів

Виконання технологічного процесу відновлення елементів гальмівної системи вимагає суворого дотримання правил безпеки під час роботи зі стаціонарними механізмами та діагностичними комплексами дільниці відповідно до НПАОП 0.00-1.80-18 «Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв та відповідного обладнання». При експлуатації підйомника двостійкового лапи підйомного механізму необхідно встановлювати виключно під нормативні піддомкратні точки кузова автомобіля, попередньо перевіривши блокування підхоплювачів від розвороту.

Підйом рухомого складу здійснюється обов'язково у два етапи: спочатку колеса відривають від підлоги на висоту 100–150 мм для перевірки збалансованості й надійності фіксації, і лише після цього транспортний засіб піднімають на необхідну робочу висоту. Працювати під автомобілем, який утримується лише за рахунок тиску в гідросистемі підйомника, категорично забороняється, тому після підняття конструкцію обов'язково фіксують на механічні стопори та додатково встановлюють під кузов телескопічні стояки-упори, перевіряючи надійність посадки перед початком слюсарних робіт. Працювати під автомобілем поза оглядовою канавою або поза підйомником

допускається виключно за наявності спеціальних дерев'яних або полімерних лежаків з м'яким підголівником, а залишати автомобіль на підйомнику у піднятому стані після закінчення зміни або під час перерв суворо забороняється.

При роботі на роликовому гальмівному стенді перед заїздом автомобіля необхідно переконатися у повній відсутності сторонніх предметів у бігових барабанах та людей у зоні проведення випробувань. Заїзд автомобіля на опорні ролики виконується на мінімальній швидкості до 5 км/год, а під час прокручування коліс і зняття діагностичних параметрів у салоні автомобіля дозволяється перебувати лише оператору-діагносту. Під час безпосереднього обертання роликів стенда категорично забороняється підходити до коліс ближче ніж на 1,0 м, проводити будь-які вимірювання ручним інструментом або виконувати очищення протектора від бруду. Будь-яке прибирання, обслуговування чи видалення сторонніх предметів з роликового блока дозволяється здійснювати виключно спеціальними щітками або гачками тільки після повної зупинки електропривода та повного знеструмлення пульта керування стендом. При роботі на стенді для перевірки герметичності гальмівних механізмів, який призначений для генерації високого статичного тиску гальмівної рідини до 120 бар, до роботи допускаються лише особи, які пройшли відповідний інструктаж та детально ознайомлені з правилами експлуатації установки, при цьому перед кожним робочим циклом рукави високого тиску, штуцери та перехідники підлягають обов'язковому огляду на відсутність тріщин, деформацій і підтікань середовища. Підключення гальмівного супорта до штуцера тест-стенду має бути абсолютно герметичним, а подача стисненого повітря від компресора поршневого у первинний пневмоциліндр дозволяється лише після підключення супорта до стенду через рукав ВТ . Категорично забороняється запускати робочий цикл випробувань при піднятому захисному екрані, оскільки прозорий екран з полікарбонату товщиною не менше 5 мм повинен повністю перекривати зону

високого тиску, захищаючи обличчя та очі слюсаря від можливого струминного викиду рідини у разі руйнування чи розгерметизації манжет супорта. Візуальний контроль тиску під час іспитів дозволяється виконувати виключно за показаннями манометра через захисний екран, а після закінчення перевірки тиск у системі скидається за допомогою розподільника до нуля, і лише після цього дозволяється відкривати екран та демонтувати супорт. При роботі з компресором поршневим та пневмережею обладнання повинно експлуатуватися із закритим захисним кожухом пасової передачі, при цьому відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» суворо забороняється направляти струмінь стисненого повітря на себе чи інших працівників, а підключення пневматичного інструменту (гайковертів) до повітряної лінії дозволяється здійснювати лише через справні швидкороз'ємні муфти без перегинання або скручування шлангів.

ВИСНОВОК

Комплексна модернізація та оптимізація параметрів технологічного процесу відновлення гальмівних механізмів дозволили вирішити низку складних інженерно-технічних завдань, спрямованих на підвищення надійності та безпеки експлуатації автомобілів Volkswagen Golf VII. Проведені дослідження охопили весь цикл — від детального аналізу причин виникнення несправностей вузлів до проектування спеціалізованої виробничої ділянки та розрахунку оригінального обладнання. Це дало змогу переглянути застарілі підходи до сервісу і замінити їх сучасними, науково обґрунтованими методами організації виробництва.

Впровадження розробленого агрегатно-вузлового методу ремонту разом із жорстким поопераційним контролем зусиль затягування різьбових з'єднань дозволило суттєво підвищити якість збирання виконавчих механізмів. Такий підхід повністю виключає ймовірність пошкодження чи деформації деталей під час монтажу, що раніше часто ставало причиною прихованого браку. Розрахунок та оптимізація виробничої програми, обсягів робіт і чисельності персоналу забезпечили раціональне використання ресурсів підприємства та заклали основу для чіткої логістики всередині ремонтної дільниці.

Створення та інженерний розрахунок параметрів спеціалізованого стенда для контролю герметичності під високим статичним тиском дали можливість проводити прецизійну перевірку супортів у режимах, що повністю імітують екстрене гальмування автомобіля. Це дозволяє виявляти найменші дефекти ущільнювальних елементів ще до моменту встановлення вузла на транспортний засіб. Поєднання цього проміжного контролю з фінішною динамічною діагностикою на роликовому обладнанні забезпечує стовідсоткову гарантію працездатності всієї системи перед випуском машини з ремонту.

Розроблені заходи з охорони праці та пожежної безпеки дозволили мінімізувати ризики виробничого травматизму та створити безпечні,

комфортні умови для роботи персоналу під час експлуатації важкого підйомного та стендового устаткування.

Об'єктивна оцінка результатів роботи свідчить про їхню високу практичну цінність та готовність до безпосереднього впровадження на діючих станціях технічного обслуговування. Оптимізація технологічних параметрів та застосування розробленого випробувального устаткування дозволяють повністю ліквідувати суб'єктивізм у оцінці технічного стану автомобіля, значно зменшити загальну трудомісткість ремонтних операцій та підвищити продуктивність праці. У кінцевому підсумку, практична реалізація запропонованих інженерних рішень гарантує високу експлуатаційну надійність гальмівного керування, що безпосередньо сприяє підвищенню рівня активної безпеки та зниженню аварійності на дорогах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Міронов Д.В., Тесля В.О. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт галузі знань 27 Транспорт. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролю. — К.: Держспоживстандарт України, 2011. — 34 с.
3. Правила № 13-Н ЄЕК ООН Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження легкових автомобілів стосовно гальмування. — К.: Держспоживстандарт України, 2006.
4. Volkswagen AG. Self-Study Program 513: The Golf 2013. Chassis and Steering. Design and Function. — Wolfsburg: Service Training, 2013. — 52 p.
5. Volkswagen AG. Workshop Manual: Golf 2013 -> Brake System (Edition 11.2016). — Wolfsburg: Volkswagen Service Training, 2016. — 188 p.
6. Левкович М.Г., Пиндус Ю.І., Тесля В.О., Босюк П.В. Конспект лекцій з дисципліни «Автомобілі. аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для студентів всіх форм навчання за напрямком підготовки «Автомобільний транспорт» / М.Г. Левкович, Ю.І. Пиндус, В.О. Тесля, П.В. Босюк Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2016. – 242 с.
7. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів» для студентів спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» [Електронний ресурс] / Уклад.: В. Л. Крещенецький, В. О. Огневий, Є. В. Смирнов.– Вінниця : ВНТУ, 2021. – 107 с.
8. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. — Warrendale: SAE International, 1992. — 495 p.
9. Канарчук В. Є. Експлуатація та ремонт автомобілів: Підручник. — К.: Вища школа, 2003. — 716 с.
10. Heisler H. Advanced Vehicle Technology. — London: Arnold, 2002. — 654 p.

11. Малащенко В. О. Розрахунок теплової напруженості дискових гальмівних механізмів легкових автомобілів / В. О. Малащенко, О. В. Стрілець // Вісник машинобудування та транспорту. — 2020. — № 1. — С. 68-75.
12. Біліченко В. В., д.т.н., проф.; Пелипенко В. Л. Підвищення ефективності гальмівних систем автомобілі // Матеріали VIII-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2020 року: збірник наукових праць [Електронний ресурс] / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та інш.]. — Вінниця: ВНТУ, 2020. с. 57-59.
13. Kurnia J. C. Numerical investigation of heat transfer in ventilated brake disc / J. C. Kurnia, P. Sasmito // International Communications in Heat and Mass Transfer. — 2017. — Vol. 85. — P. 118-125.
14. Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. Конспект лекцій з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. — Тернопіль: ТНТУ, 2023. — 296 с.
15. Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисципліни “Діагностика автомобілів” для студентів спеціальності 274 “Автомобільний транспорт” усіх форм навчання / Тесля В.О., Слободян Л.М., Сіправська М.Д. — Тернопіль: ТНТУ, 2023. — 140 с.